

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-092405

(43)Date of publication of application : 07.04.1995

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

(21)Application number : 05-237672

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 24.09.1993

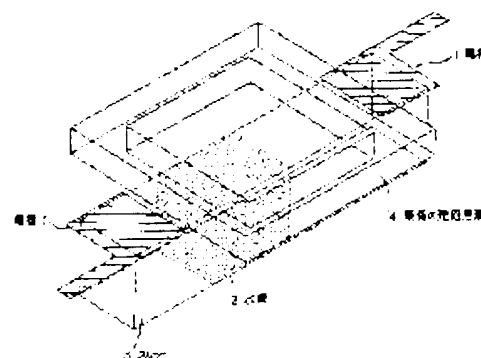
(72)Inventor : SATO MAKOTO

## (54) ELECTRIC CAPILLARY OPTICAL SWITCH

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an electric capillary optical switch which ensures a high speed operation in spite of miniaturization by providing the switch by a bypassing passage connected to both ends of a slit.

CONSTITUTION: Electrodes 1 are respectively arranged in the positions in contact with both ends of the slits 3. The respective electrodes 1 are connected to a power source by wirings. Mercury 2 is, therefore, eventually moved by electric capillarity in the slit 3 when a voltage is impressed between both electrodes 1. A bypassing groove 4 is formed at a glass plate which is a cap. Then, an electrolyte existing in front of the mercury 2 moves to a positive pole side through the bypassing groove 4 and moves backward of the mercury 2 at the time the mercury 2 is moved to a negative pole side by the electric capillarity in the slit 3 when the voltage is impressed between both electrodes 1. The bypassing groove 4 exists on both sides of the slit 3 at this time and, therefore, the electrolyte is eventually divided and moved in two directions and the resistance by viscosity is lowered. As a result, the movement of the mercury 2 is speeded up.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-92405

(43) 公開日 平成7年(1995)4月7日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 26/08

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 9226-2K

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-237672

(22) 出願日 平成5年(1993)9月24日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 佐藤 誠

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

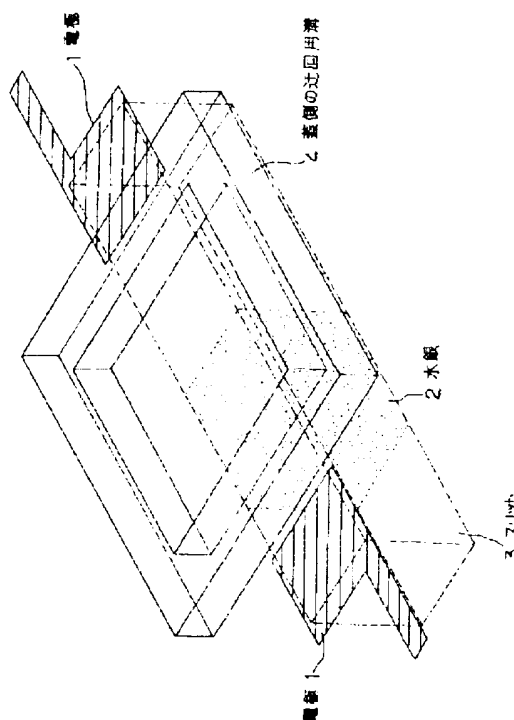
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外1名)

(54) 【発明の名称】 電気毛細管光スイッチ

(57) 【要約】

【目的】 光導波路基板の光導波路を遮る位置に設けたスリット内で水銀を電気毛細管現象により移動して光導波路の切り替えを行なう電気毛細管光スイッチにおいて、小型化しても高速な動作を保证する電気毛細管光スイッチを提供することを目的とする。

【構成】 スリットの両端に接続する迂回用溝を設けて、電気毛細管現象により、スリット内で水銀が移動するとき、水銀の前方の電解液を迂回用溝に迂回させ、電解液を水銀の後方へ移動させるので、電解液は水銀の移動の抵抗にならず、水銀は変形を受けることなく移動することが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波路基板の光導波路を遮る位置にスリットを設けると共に該スリットに電解液及び水銀を封入し、該スリットの両端に接する電極を各々配置し、更に、両電極の間に電圧を印加する配線を施し、両電極へ電圧を印加すると前記水銀が前記スリット内で電気毛細管現象により移動して前記光導波路の切り替えを行なう電気毛細管光スイッチにおいて、前記スリットの両端に接続する迂回用溝を設けて、前記スリット内で前記水銀が移動するとき該迂回用溝に前記電解液を迂回させることを特徴とする電気毛細管光スイッチ。

【請求項2】 前記スリットは、毛細管現象により前記水銀の通過を阻止する狭隘部により、前記電解液及び水銀が充填される中央部と前記電解液のみが充填される両端部とに区分されることを特徴とする請求項1記載の電気毛細管光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電気毛細管現象を利用して、光通信を切り替える電気毛細管光スイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の電気毛細管光スイッチの一例を図2に示す。同図に示す光スイッチは、1×2スイッチとして機能するものである。即ち、平面光導波路基板6上には直交する光導波路5が形成されると共にその交差部に、電解液8と水銀2を封入したスリット3が斜めに配置され、そのスリット3の両端に電極1が夫々設けられている。水銀2は、スリット3内において電解液8と接触し、移動可能な状態となっている。光導波路5は、それぞれ光ファイバA、B、Cと接続している。

【0003】 電解液8の種類は、水銀2と反応しない溶液、例えば、希硫酸、硫酸ソーダ水溶液が利用できる。水銀2は、スリット3内において、導波路交差部に位置するとき、反射鏡として機能し、図2に示すように、90°の角度をなす光ファイバAと光ファイバBとが光学的にこのスイッチを介して接続されることになる。一方、水銀2がスリット3内において、導波路交差部から外れた位置にある時は、一直線状に位置する光ファイバAと光ファイバCとが光学的に接続されることになる。

【0004】 水銀2のスリット3内での移動は、電極1の間に電圧を印加して生じる電気毛細管現象により実現される(J.L. Jackel, S. Hackwood, J. J. Veselka and G. Ben: "Electrowetting switch for multimode optical fibers", Appl. Opt., Vol. 22, No. 11, pp. 1765-1770, 1983)。

【0005】 即ち、電解液8中の水銀2の表面には、電気二重層と呼ばれる電化の空乏層が発生し、これはコンデンサーとして働く。また、水銀2は電解液8中で正に帯電するので、水銀表面には電解液8の負イオンが取り巻いた電気二重層となる。この電気二重層は水銀2とス

リット3の壁の間にも存在し、水銀2は薄い電解液8で全体を覆われている。電極1の間に電圧を印加すると、電解液8に電流が流れ、水銀2とスリット3の壁の隙間を電流が流れると、電解液8の電気抵抗により電圧降下を生じ、水銀表面の電気二重層に印加される電圧が傾斜を持つ。

【0006】 電気二重層はコンデンサーとして機能するので、場所により印加電圧が異なると場所毎に蓄えられたエネルギーが異なることになる。このエネルギーの差は、表面エネルギーの差になり、従って、水銀表面の表面張力に電流の流れる方向に沿って傾斜を生じさせる。負極側より正極側の表面張力が高くなるため水銀2は電解液8の中を負極側へ向かって移動することになる。

【0007】 電極1の間に電流を流さないときには、静止摩擦により水銀2はスリット3の壁に固定され、無電力による自己保持性が確保される。特にスリット断面の寸法が数十マイクロメートル以下では、重力や衝突による加速度により発生する力に比べ静止摩擦は桁違いに大きくなるため、水銀2を固定するための特別な工夫、例えば、水銀2を保持したい箇所のスリット幅を広くした構造は不要である。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 光スイッチに用いられるスリット3の断面の寸法がミリメートルの程度であれば、水銀2の移動に伴い押し除かれる水銀2の前方にある電解液8は水銀2の側面を通過して水銀2の後方へ移動することができる。このとき、移動中の水銀2は電解液8の移動のため多少変形することになる。

【0009】 ところが、スリット3の断面の寸法を数十マイクロメートル以下にすると、水銀2の変形は起きにくくなる。これは、液滴の内圧が曲率半径に逆比例する性質を持つため、寸法の小さな水銀2を変形させるには、高い圧力が必要になるからである。従って、スリット3内に電解液8と水銀2を封入した構造の光スイッチでは、そのスリット3の断面積を小さくすると、水銀が動きにくくなり、切り替え速度が遅くなるか、或いは、スイッチ動作しなくなるといった欠点を有している。

【0010】 そのため、このスイッチを多数集積したマトリックス光スイッチを小型に形成することができなかった。本発明は、上記従来技術に鑑みてなされたものであり、小型化しても高速な動作を保証しうる電気毛細管光スイッチを提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 斯かる目的を達成する本発明の電気毛細管光スイッチは、光導波路基板の光導波路を遮る位置にスリットを設けると共に該スリットに電解液及び水銀を封入し、該スリットの両端に接する電極を各々配置し、更に、両電極の間に電圧を印加する配線を施し、両電極へ電圧を印加すると前記水銀が前記スリット内で電気毛細管現象により移動して前記光導波路の

切り替えを行なう電気毛细管光スイッチにおいて、前記スリットの両端に接続する迂回用溝を設けて、前記スリット内で前記水銀が移動するとき該迂回用溝に前記電解液を迂回させることを特徴とする。

【0012】更に、前記スリットは、毛细管現象により前記水銀の通過を阻止する狭隘部により、前記電解液及び水銀が充填される中央部と前記電解液のみが充填される両端部とに区分されるようにしても良い。

【0013】

【作用】スリットの両端を結合する迂回用溝を設けたため、水銀が電気毛细管現象により負極側へ移動する際、水銀の前方にある電解液は水銀に押されて迂回用溝を通過して水銀の後方へ回り込む。そのため、水銀は変形を受けることなく移動することが可能となる。また、水銀を変形させるほどの大きな圧力を発生させなくても、水銀は移動できるため、より低い電圧でスイッチを起動できる。同じ電圧であれば、迂回用溝のないスイッチに比べ、より高速にスイッチ動作させることが可能である。したがって、スリットの断面の寸法を数ミクロン以下に小型化し、集積化することが可能である。

【0014】

【実施例】以下、本発明について、図面に示す実施例を参照して詳細に説明する。

【実施例1】図1、図3に本発明の第一の実施例を示す。両図に示すように、光導波路基板6の光導波路を遮る位置にスリット3が設けられると共に該スリット3に電解液8及び水銀2が充填され蓋としてガラス板9により封入されている。スリット3の両端に接する位置に電極1が各々配置され、これら電極1は図示しない配線により電源に接続している。従って、両電極1の間に電圧が印加されると、水銀2はスリット3内で電気毛细管現象により移動することになる。

【0015】本実施例では、蓋であるガラス板9に迂回用溝4が形成されている。迂回用溝9は、スリット3の両端に接続すると共に、スリット3の両脇に位置するように、回廊状の形状となっている。迂回用溝4は、スリット3と同じく、フォトリソグラフィの技術で作成する。迂回用溝10の幅は、スリット3の幅に比べて狭く形成されているため、水銀2が迂回用溝10に入り込むことはない。水銀2は電解液8中においても、表面張力が約450dyne/cmと高く、かつ、ガラスには濡れない性質を持つため、毛细管現象により狭い空間には入りにくいのである。

【0016】従って、図3に示すように、両電極1の間に電圧が印加されると、水銀2はスリット3内で電気毛细管現象により負極側へ移動するとき、水銀2の前方にある電解液8は、迂回用溝4を通過して正極側へ移動し、水銀2の後方へ移動する。このとき、迂回用溝4は、スリット3の両脇に位置するので、電解液8は二方向に別れて移動することとなり、粘性による抵抗を低下させる

ことができる。これにより、水銀2の移動を高速にすることができる。

【0017】尚、ガラス板9を光導波路基板6に密着して接合するには、光導波路基板6に設けたスリット3に、水銀2と電解液8を満たした後、電解液8中で、ガラス板9を重ねて押し付けることにより行なう。パネ等を利用して、押し付け力を保持すれば、ガラス板9を光導波路基板6に密着した状態を維持できる。光導波路基板6は、製造上の理由で表面が僅かに撓んでいることが多いが、このように上下から、ガラス板9と共に押し付けられ互いに密着させることができる。

【0018】また、光導波路基板6の表面の撓みによる凹凸を研磨により除去することにより、特に圧力を加えなくても、ガラス板9と密着させることができる。いずれにしても、ガラス板9を光導波路基板6に密着した状態で接着剤により固定し、更に、電解液の漏洩、蒸発を防止するために、シリコンゴム等でシールすると良い。

【0019】〔実施例2〕図4に本発明の第二の実施例を示す。本実施例は、迂回用溝10を、蓋であるガラス基板9ではなく、光導波路基板6に形成したものである。その他の構成は、前述した実施例と同様である。本実施例のように、光導波路基板6に迂回用溝10を設けると、蓋であるガラス基板9には、特に構造を設ける必要がなくなり、加工に要する手間を省くことができる。迂回用溝10は、スリット3と同時にフォトリソグラフィで作成することができるので、製造が簡単である。

【0020】〔実施例3〕図5に本発明の第三の実施例を示す。本実施例は、水銀2が電極1に接触できない構造としたものである。即ち、スリット3は、二つの狭隘部3a、3bにより、水銀2及び電解液8が封入される中央部3cと電解液8のみが封入される両端部3d、3eとに区分されている。その他の構成は、前述した第二の実施例と同様であり、迂回用溝10は光導波路基板6にスリット3と同時に作成されている。

【0021】狭隘部3a、3bは、中央部3c、両端部3d、3eの断面積より狭い断面積を有する通路であり、電解液8を通過させるが、毛细管現象により水銀2を通過させない特徴を持つ。この為、水銀2はスリット3の中央部3c内でのみ移動することができ、両端部3d、3eに入り込むことができないので、電極1との接触が回避される。このように本実施例では、水銀2が電極1に接触できないため、水銀2が電極1に濡れてくっつくことがないので、電極1により水銀2の動きが妨げられないだけでなく、電極材料の選択枝を増やすことができる。

【0022】即ち、水銀2は、電極材料として一般的に使用される金属、例えば、金、銀、アルミニウム等と反応して、合金（水銀アマルガム）を作る性質を持つ。従って、水銀2が電極1に接触する構造では、電極材料としては、水銀2と反応しにくい白金、鉄、コバルト、マ

ンガン、ニッケル等の限られた金属しか使用できない。本実施例のように、水銀 2 が電極 1 に接触できない構造では、電極 1 が水銀 2 と反応しないため、電極材料としての制約がなくなる。

【0023】【実施例 4】図 6 に本発明の第四の実施例を示す。本実施例は、水銀 2 が電極 1 に接触できない構造としたものであるが、第三の実施例と異なり、迂回用溝 4 をガラス板 9 に作成したものである。即ち、スリット 3 は、二つの狭隘部 3 a、3 b により、水銀 2 及び電解液 8 が封入される中央部 3 c と電解液 8 のみが封入される両端部 3 d、3 e とに区分されている。その他の構造は、第一の実施例と同様である。

【0024】本実施例においても、第三の実施例と同様に、水銀 2 が電極 1 に接触できないため、水銀 2 が電極 1 に濡れてくっつくことがないので、電極 1 により水銀 2 の動きが妨げられないだけでなく、電極材料の選択枝を増やすことができる。尚、上記実施例では、迂回用溝 4、10 は、光導波路基板 6 又はガラス板 9 の何れか一方に設けられていたが、迂回用溝 4、10 を光導波路基板 6 及びガラス板 9 の双方に設けて、一体の溝となる構造としても良い。

【0025】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明の電気毛細管光スイッチは、スリットの両端に接続する迂回用通路を設けたので、完全に閉じた空間内で水銀を移動させても、水銀の移動が電解液により妨げられることがない。従って、水銀の移動が容易に行なえ、より低い電圧でスイッチの駆動が可能であり、同じ電圧で駆動する場合、より高速にスイッチ動作させることが可能である。また、迂回用溝は、スリット

の近くに比較的小さな構造を付加することで実現できるので、スイッチが極端に大きくなることはなく、本発明の電気毛細管光スイッチを多数集積したマトリックススイッチを小型に作ることができる。更に、スリットに狭隘部を設けて、電極に水銀が接触しない構造を採用すれば、電極材料として金等の一般的材料を利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一の実施例に係る電気毛細管光スイッチを示す斜視図である。

【図 2】従来の電気毛細管光スイッチを示す斜視図である。

【図 3】本発明の第一の実施例に係る電気毛細管光スイッチを示す断面図である。

【図 4】本発明の第二の実施例に係る電気毛細管光スイッチを示す平面図である。

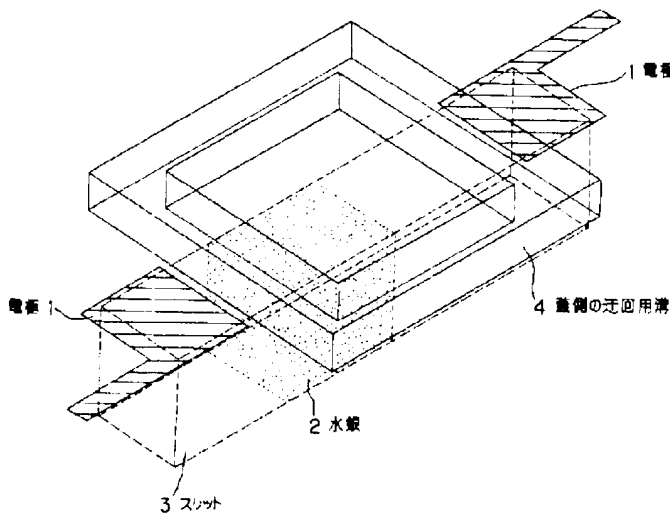
【図 5】本発明の第三の実施例に係る電気毛細管光スイッチを示す平面図である。

【図 6】本発明の第四の実施例に係る電気毛細管光スイッチを示す平面図である。

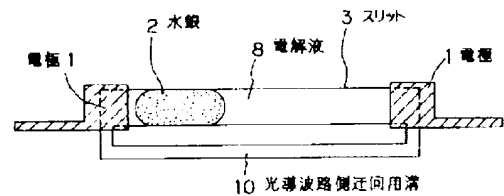
【符号の説明】

- 1 電極
- 2 水銀
- 3 スリット
- 4 蓋側迂回用溝
- 5 光導波路
- 6 光導波路基板
- 8 電解液
- 9 ガラス板
- 10 光導波路基板側迂回用溝
- A、B、C 光ファイバ

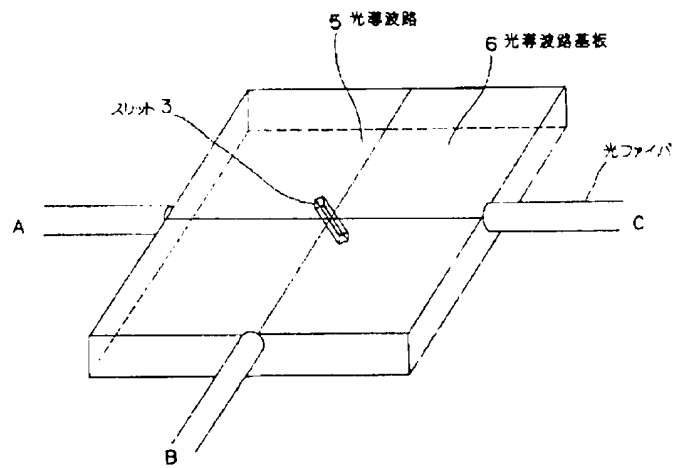
【図 1】



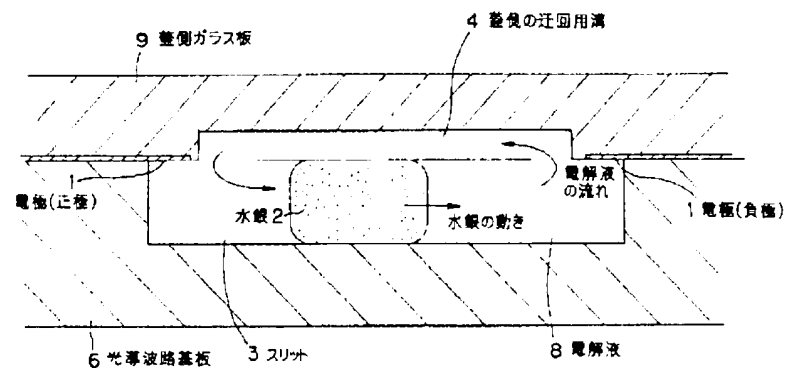
【図 4】



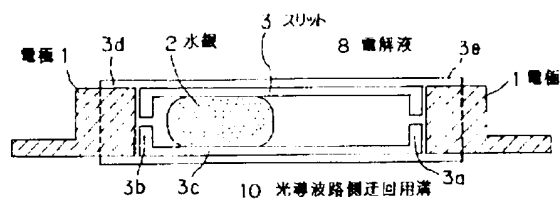
【図 2】



【図 3】



【図 5】



【図 6】

